

Evaluación de técnicas de extracción de saponinas de la quinua (*chenopodium quinoa willd*) como alternativa de mejoramiento para la cadena productiva en Cundinamarca

Ruth Marisol Prado Rosero

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
Especialización en procesos de alimentos y biomateriales
Bogotá, Colombia
2018

Evaluación de técnicas de extracción de saponinas de la quinua (*chenopodium quinoa willd*) como alternativa de mejoramiento para la cadena productiva en Cundinamarca

Ruth Marisol Prado Rosero

**Monografía presentada como requisito para optar al título de:
Especialización en procesos de alimentos y biomateriales**

Director (a):

MSc. Ruth Mary Benavides Guevara

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
Especialización en procesos de alimentos y biomateriales
Bogotá, Colombia**

2018

Dedicatoria

A Dios por darme la fortaleza de continuar cuando a punto de caer he estado, a mi madre que descansa en la paz del señor y quien fue mi valor para cumplir mis proyectos y a cada integrante de mi familia por su apoyo incondicional.

Cada día trae un nuevo amanecer para cumplir cada uno de los proyectos.

Agradecimientos

Mis agradecimientos a Dios, a mi madre Alicia quien fue mi motor de persistencia en cada uno de mis proyectos y quien me guía desde el cielo, a mi hermano Miguel que siempre está junto a mí y me brinda su apoyo, muchas veces en el papel de padre y a mi padre Héctor que, aunque no lo tengo cerca está pendiente de mí.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia donde inicie mis estudios de pregrado, continúe mi especialización y fue mi centro de formación y desarrollo profesional.

Especial agradecimiento a la MSc. Ruth Mary Benavides por darme el ánimo para continuar con este proyecto, por compartirme sus conocimientos y experiencia en mi formación profesional.

Agradezco al grupo de investigación GIEPRONAL y al grupo de profesionales de proyecto PIE 15-17 ECBTI por su valioso apoyo en el desarrollo de esta monografía.

A mi familia en general, por su apoyo incondicional y por compartir conmigo cada etapa de mi vida.

CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	10
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1. GENERALIDADES DE LA QUINUA.....	111
1.1 LA QUINUA.....	11
1.2 PRODUCCIÓN DE QUINUA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.....	122
1.3 NORMATIVIDAD DE LA QUINUA.....	133
1.3.1 Bolivia- NB 683, Cereales – Quinua en grano	13
1.3.2 Bolivia - NB/NA 0038.....	13
1.3.3 Ecuador - INEN 1672.....	13
1.3.4 Ecuador - INEN 1673	14
1.3.5 Perú - NTP 205.062.....	14
1.4 PROCESO POSCOSECHA DE LA QUINUA.....	144
1. 4.1 Secado o emparve	14
1.4.2 Trilla.....	14
1.4.3 venteo y limpieza.....	14
1.4.4 Desaponificación.....	14
1.4.5 Almacenamiento.....	15
1.5 CARACTERISTICAS NUTRICIONALES.....	15
1.5.1 Hidratos de carbono.....	15
1.5.2 Fibra.....	15
1.5.3 Lipidos.....	15
1.5.4 Proteinas.....	15

1.5.5 Vitaminas.....	16
1.5.6 Minerales.....	16
1.6 COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES.....	16
1.6.1 Saponinas.....	17
1.7 CARACTERITICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA QUINUA...188	
2 VARIEDADES DE QUINUA CULTIVADAS	20
2.1 VARIEDADES DE QUINUA INTERNACIONAL.....	20
2.2 VARIEDADES DE QUINUA CULTIVADAS EN CUNDINAMARCA.....	222
2.2.1 Variedad Blanca de jericó.....	22
2.2.2 Variedad Amarilla de Marangani	22
2.2.3 Variedad Aurora.....	22
2.2.4 Variedad Purpura	23
3. ESTUDIO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS DE LA QUINUA PARA CUNDINAMARCA Y ANÁLISIS DOFA.....	24
3.1 TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS DE LA QUINUA.....	244
3.1.1 Extracción manual - Frotado y lavado	24
3.1.2 Desamargado de la quinua sin agua	24
3.1.3 Extracción vía seca (escarificación).....	24
3.1.4 Extracción vía seca (termomecánico).....	25
3.1.5 Extracción vía húmeda.....	25
3.1.6 Extracción con químicos.	25
3.1.7 Técnica combinada o mixta.....	25
3.1.8 Extracción asistida por microondas	25
3.1.9 Extracción de las saponinas a altas presiones (HPSE)	26
3.1.10 Lecho fluidizado tipo surtidor (LFTS).....	26
3.2 ANTECEDENTES DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS DE LA QUINUA	266

3.3 TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS PARA CUNDINAMARCA	28
3.3.1 Técnicas tradicionales.....	29
3.3.2 Técnicas emergentes.....	30
3.3.3 Análisis de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas (DOFA).....	32
3.3.4 Análisis de Entidades involucradas en la cadena de quinua en Colombia.....	33
4 CONCLUSIONES	335
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	346

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Episperma del grano de quinua	11
Figura 2 Embrión y perisperma del grano de quinua	11
Figura 3 Producción de quinua a nivel mundial 2010-2016.....	13
Figura 4 Estructura de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	17
Figura 5 Técnicas convencionales propuestos	29

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Producción de quinua mundial 2010-2016	12
Tabla 2 Contenido de aminoácidos de quinua	16
Tabla 3 Parámetros físicos de la quinua en países como Perú, Ecuador y Bolivia.....	18
Tabla 4 Parámetros microbiológicos de los granos de quinua.....	19
Tabla 5 Comparación de variedades, origen y contenido de saponinas de la quinua a nivel internacional	20
Tabla 6 Beneficios y desventajas de las técnicas tradicionales para Cundinamarca....	29
Tabla 7 Beneficios y desventajas de las técnicas emergentes para Cundinamarca.....	31
Tabla 8 Análisis DOFA de las diferentes técnicas tradicionales y emergentes para la de extracción de saponinas de la quinua	32

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa willd*) es un pseudocereal rico nutricionalmente, sin embargo, puede presentar ciertas concentraciones de saponinas que generan un sabor amargo y rechazo al consumidor. La presente propuesta pretende evaluar las diferentes técnicas de extracción de saponinas de la quinua tanto tradicionales como emergentes, con el fin de proponer las técnicas más apropiadas para Cundinamarca y fortalecer la cadena de quinua en Cundinamarca. Se emplea una revisión bibliográfica de las diferentes variedades cultivadas a nivel internacional y nacional, y considera las técnicas más apropiadas para Cundinamarca que empleen menos tiempo en el proceso de desaponificado, producción más limpia y económica. Como resultado se plantea diferentes técnicas de extracción de saponinas, considerando las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas para Cundinamarca y las variedades cultivadas en la región. Finalmente, esta monografía propone tecnificación del proceso de desaponificación de la quinua para obtener un producto con las mejores condiciones de calidad y aceptación del producto a nivel nacional e internacional.

Palabras claves: saponinas, desaponificado, extracción, quinua, variedades.

INTRODUCCIÓN

Algunos reportes de la quinua a nivel mundial, resaltan que es un pseudocereal que se está retomando su cultivo, llegando a convertirse en un potencial para algunos países como Perú, Ecuador y Bolivia, destacándose entre otros cultivos con mayor producción como el trigo, maíz, arroz, sorgo y patata. Sin embargo, la quinua es un cultivo menor para la agricultura y la alimentación mundial, a pesar que en los años 70 solo se cultivaba en América Latina, y en cinco o seis países de los Andes, en este momento la mitad de los países del mundo cultivan quinua o están experimentando su cultivo (Bazile, Bertero, & Nieto, 2014).

La producción de quinua en los últimos años en países denominados tradicionalmente productores se encuentra, Bolivia, Perú y Ecuador, resaltando a estos países con un 80% de la producción mundial. En países como Argentina, Chile y Colombia su producción es menor comparada con los tres países mencionados (FAO & Aladi, 2014). La quinua se cultiva en la modalidad de pequeño agricultor en los Departamentos de Nariño, Cauca y el altiplano Cundiboyacense. Su cultivo en parcela parece hacer alusión a una herencia cultural, referente al conocimiento de etnobotánica (Benavides, 2014)

El proceso de poscosecha desarrollado actualmente en Colombia, no presenta una normatividad establecida para las variedades cultivadas, se adaptó a las normas Andinas buscando la exportación y aprovechamiento de la producción de quinua en Colombia. Sin embargo, falta mejorar la calidad del grano, al ser necesario evaluar una de las etapas críticas de la poscosecha, desaponificación, y revisar las técnicas actuales para la eliminación del alcaloide saponina que cubre las semillas y considerar las características de las variedades cultivadas en Cundinamarca, resaltando que dicho compuesto no es apto para el consumo humano y por normatividad internacional, se requiere ausencia debido a que presenta un sabor amargo y pérdida de calidad. Diferentes estudios resaltan que existen diversidad de técnicas para la escarificación que consta de diferentes técnicas: húmedo, seco, seco-húmedo, tostado-húmedo, químico con hidróxido de sodio y combinado; estableciendo como la mejor técnica aquella que conserve el valor nutricional de la quinua (Veas, Cortes, & Jara, 2016).

De hecho, el Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018 apoya la transformación del campo como una estrategia transversal para cumplir los objetivos propuestos para Colombia donde buscan un desarrollo integral para el campo e igualdad de oportunidades. Al ser necesario conocer las políticas e inversiones eficaces en materia de ciencia y desarrollo de tecnologías apropiadas, donde incide en primera instancia el capital humano, recuperación y revaloración de la conservación de alimentos ancestrales como la quinua, que es prevalente en las comunidades campesinas (Canahua, Alipio ; Mujica, 2013).

Finalmente, esta monografía está orientada a evaluar las diferentes técnicas de extracción del contenido de saponinas de la quinua y proponer algunas técnicas considerando las variedades cultivadas en Cundinamarca, identificando las ventajas y desventajas de cada técnica propuesta, orientada al mejoramiento para la conformación de la cadena productiva en Cundinamarca, esperando incentivar a la agricultura Colombiana y la aceptación de este pseudocereal en el mercado nacional e internacional.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar diferentes técnicas de extracción de saponinas de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) mediante una revisión que permita identificar alternativas de mejoramiento para la conformación de la cadena productiva en Cundinamarca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar las diferentes variedades de quinua cultivadas en Cundinamarca mediante una revisión bibliográfica que permita proponer las técnicas más apropiadas para su aplicación.
2. Estudiar las diferentes técnicas de extracción de saponinas en la quinua mediante una revisión nacional e internacional.
3. Estudiar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de las diferentes técnicas revisadas para la extracción de saponinas en la quinua.

1. GENERALIDADES DE LA QUINUA

1.1 LA QUINUA

La quinua (*chenopodium quinoa Willd*) es una planta anual con diversidad de cultivos y variedades (Bazile et al., 2014), se caracteriza por ser una planta herbácea de la familia *chenopodiaceae*, alcanza una altura de 0,5 a 3,0 m dependiendo del genotipo y las condiciones ambientales, tallo recto o ramificado de color variable, las semillas tienen un alto valor nutricional con un valor proteico entre 12% y 20% en algunas variedades, con una buena composición de aminoácidos, vitaminas y minerales como calcio, magnesio, zinc y hierro; posee diferentes coloraciones como: blanco, café, amarillo, rosado, gris, rojo y negro (IICA, 2015) y es un alimento con bajo contenido de calorías, cero colesterol, cero azúcares y un bajo contenido en sodio (Gobierno de la provincia de Jujuy, 2013).

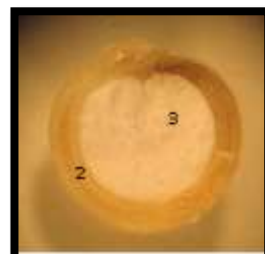
La quinua es un pseudocereal en el que se encuentran el endosperma (cotiledones y radícula), el perisperma (granos de almidón) y el episperma (capas externas que recubren la semilla) (Quiroga & Escalera, 2011). En las figuras 1 y 2 se presenta el episperma, el embrión y el perisperma del grano de quinua (Bergese et al., 2015).

Figura 1. Episperma del grano de quinua (1)



Fuente: Bergese et al., (2015)

Figura 2. Embrión (2) y Perisperma (3)



Fuente: Bergese et al., (2015)

En la capa externa del episperma están las saponinas de las variedades de quinua no procesadas, el episperma se encuentra entre 20µm en la parte central de las caras hasta un valor mayor a 100 µm en los extremos, cerca del embrión (Quiroga et al., 2011). Esta capa externa se caracteriza por ser rugosa, quebradiza, seca, y se remueve parcialmente mediante métodos o técnicas abrasivos y lavados con agua fría. En la capa externa se encuentran otras tres capas, en donde la segunda capa es lisa, lustrosa, no presenta poros, presenta algunas huellas de rugosidad y la remoción de esta capa es por medio de un calentamiento (cocción); la tercera capa es delgada y tiene un color opaco amarillento y la cuarta capa es delgada, traslúcida, reviste al embrión, está formada de células de pared gruesa y sin núcleo (Jiménez, Armada, 2010).

1.2 PRODUCCIÓN DE QUINUA A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

Según la FAO a nivel internacional se encuentra una alta producción de quinua para países como Bolivia, Ecuador y Perú (Ministerio de agricultura y riego, 2015). En la tabla 1, se describen los países más representativos en producción de quinua a través de los años.

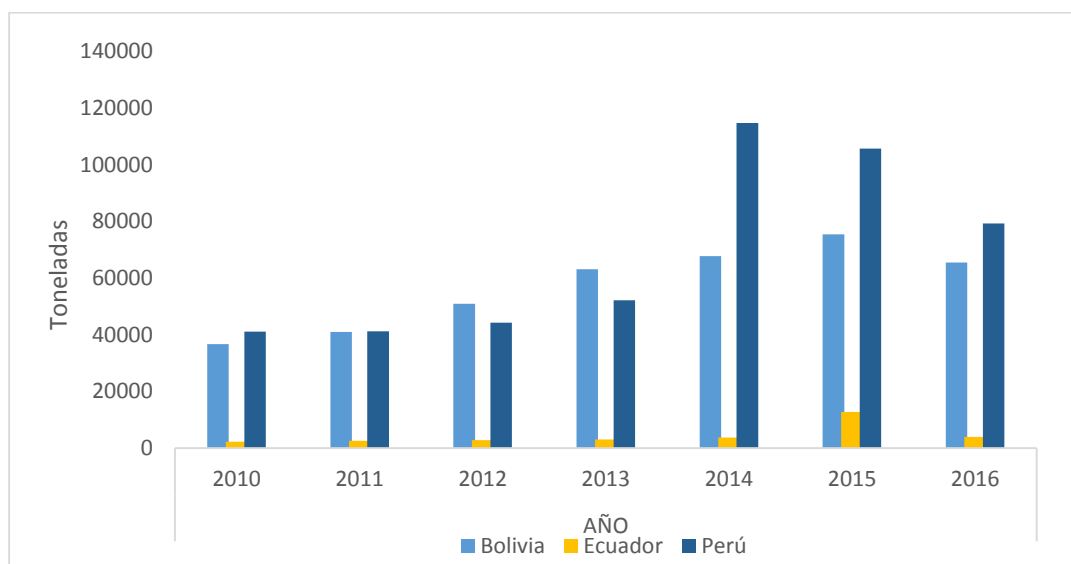
Tabla 1. Producción de quinua mundial 2010 - 2016

PAIS	ELEMENTO	AÑO						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Bolivia	Área cosechada (Hectárea)	58496	63307	131192	147312	113506	121186	118913
	Rendimiento (Tonelada/hectárea)	6278	6467	3878	4282	5965	6226	5512
	Producción (Toneladas)	36724	40943	50874	63075	67711	75449	65548
Ecuador	Área cosechada (Hectárea)	2628	2781	2889	3287	4122	7148	2214
	Rendimiento (Tonelada/hectárea)	8623	9056	9605	9040	9003	17777	17633
	Producción (Toneladas)	2266	2519	2775	2972	3711	12707	3903
Perú	Área cosechada (Hectárea)	35313	35475	38495	44868	68140	69303	64223
	Rendimiento (Tonelada/hectárea)	35313	35475	38495	44868	68140	69303	64223
	Producción (Toneladas)	41079	41182	44213	52129	114725	105666	79269

Fuente: elaboración propia, con base en (FAOSTAT, 2018)

Respecto a la producción de quinua se evidencia que para el año 2016, Perú tiene una alta producción de 79269 toneladas, le sigue Bolivia con 65548 y Ecuador con 3903 toneladas (Ministerio de agricultura y riego, 2015). Destacando que la producción de quinua en los últimos años se encuentra en aumento, incidiendo en los países productores que se destacan económicamente como Bolivia, Perú y Ecuador; siendo necesario en los próximos años continuar con un buen manejo en la producción, mercadeo, transformación y distribución de este alimento (FAO & Aladi, 2014). Además de Bolivia, Perú y Ecuador como buenos productores de quinua también se consideran a Estados Unidos, Canadá; así como este cultivo se da en países bajos, Italia, Francia, Kenia. Incidiendo en las zonas tropicales como la Sabana de Brasil en un mayor desarrollo que en la zona Andina. Presentando a la quinua como un producto atractivo en distintas regiones del mundo, esto debido a su valor nutricional y su capacidad adaptativa en condiciones ecológicamente extremas (FAO, 2011). En la figura 3, se presenta la producción de quinua a nivel mundial.

Figura 3. Producción de quinua a nivel mundial 2010 – 2016



Fuente: elaboración propia, con base en (FAOSTAT, 2018)

Respecto a la producción de quinua a nivel nacional, los departamentos que cultivan son Cundinamarca, Cauca y Nariño, que buscan retomar el consumo de la quinua, por ser un alimento ancestral y olvidado, con un potencial nutricional y un impacto positivo social y económico para las familias campesinas (Agronet, 2017).

1.3 NORMATIVIDAD DE LA QUINUA

Diferentes países han desarrollado normas de calidad que determinan límites fisicoquímicos y microbiológicos para la quinua ya que presentan una alta producción de este pseudocereal. Actualmente Colombia no cuenta con su propia normatividad y se ajusta a las normas internacionales. A continuación, se describe diferentes normatividades de la quinua.

1.3.1 Bolivia- NB 683, Cereales – Quinua en grano. Mediante esta norma se determina el contenido de saponinas utilizando la técnica de la espuma (IBNORCA, 1996).

1.3.2 Bolivia - NB/NA 0038. Determina las características de los granos de quinua procesada para identificar su clase y grado en la comercialización para consumo humano (IBNORCA, 2007).

1.3.3 Ecuador - INEN 1672 (Instituto Ecuatoriano de Normalización pública). Esta norma determina el contenido de saponinas por la técnica de espuma (INEN, 2012).

1.3.4 Ecuador - INEN 1673: 2013 (Instituto Ecuatoriano de Normalización pública). Establece los requisitos que debe cumplir el grano de quinua (*Chenopodium quinoa wild*)

requerido solo para consumo humano y no para la quinua destinada a semilla (INEN, 2013).

1.3.5 Perú - NTP 205.062 Determina las características los granos de quinua, permite determinar su clase y grado para su comercialización. Entre los requisitos están: las organolépticas como color, olor y sabor propio de la quinua; además debe presentar un grado homogéneo de acuerdo a otras características; así como los requisitos bromatológicos para la comercialización de la quinua (NTP 205.062, 2009).

1.4 PROCESO POSCOSECHA DE LA QUINUA

Considerar las diferentes etapas del proceso poscosecha de la quinua es de gran importancia para obtener un producto de óptima calidad para su posterior consumo. Por tal razón, la etapa de la desaponificación es un punto crítico para el proceso ya que es necesario considerar las técnicas empleadas para eliminar las saponinas que son sustancias indeseables para su consumo. Dicha sustancia presenta un sabor amargo al paladar, esto debido al alcaloide saponina que cubre las semillas, que es ligeramente tóxico y por ende debe ser eliminado antes del consumo del grano (Veas et al., 2016). A continuación, se presenta las etapas del proceso poscosecha de la quinua que inicia desde una madurez fisiológica y culmina con la recepción del grano.

1.4.1 Secado o emparve. En el emparvado se realiza la formación de montículos de panojas para lograr un buen secado antes de realizar la trilla, labor que se realiza con precaución evitando contaminar las semillas, que luego incide en la comercialización (Veas et al., 2016)

1.4.2 Trilla. La trilla se puede realizar de diversas formas, manual mediante el golpeo de las plantas, semi mecanizada utilizando tractores o camiones que pasan varias veces sobre las plantas secas de quinua para separar los granos, mecanizada usando las trilladoras como la vencedora y Alvan Blash, obteniendo en los dos procedimientos una limpieza del 95%. Las panojas a ser trilladas deben estar totalmente secas para evitar pérdidas mayores en el producto (FAO, 2011; Veas et al., 2016).

1.4.3 Venteo y limpieza. El venteo permite la separación de semillas de impurezas como hojas, restos secos de flores y otras ramas, se utiliza el venteo mejorado que consta de un regulador de intensidad de flujo de aire y el venteo mecanizado se emplea de acuerdo a la cantidad de “jipi” contenido en el producto a ventear (FAO, 2011; Veas et al., 2016).

1.4.4 Desaponificación. Es la etapa poscosecha más importante, y consiste en la extracción de las saponinas, se han identificado más de 20 tipos de estos compuestos en la quinua, estas son mono, di y trisacáridos unidos a una aglicona de naturaleza triterpénica como el ácido oleonólico, ácido fitolaccagénico, hederagenina y ácido serjanico. Las saponinas están en la primera capa externa del episperma y pueden ser removidas parcialmente por técnicas abrasivos y lavado con agua fría. Las saponinas son compuestos antinutricionales e influyen en la calidad organoléptica del grano, en

estudios sensoriales se ha encontrado que la tolerancia del consumidor a las saponinas es de 0.1 % en granos cocidos. La desaponificación puede realizarse de forma manual mediante el repetido lavado de la quinua, como también se utiliza la escarificación, que consta de diferentes técnicas como: escarificado húmedo, seco, seco-húmedo, tostada-húmedo y tostado-seco-húmedo. Con el fin de obtener un mejor producto de calidad nutricional y sensorial. Sí se realiza la técnica de escarificación en seco, se obtiene una apropiada separación de saponina (en forma de cascarillas), obteniendo 75% del peso total del escarificado, cascarilla de saponina 5% y humedad 15% (Veas et al., 2016).

Se destaca que dentro de la desaponificación de la quinua se realiza la distinción del escarificado y la extracción de saponina, estableciendo que la escarificación consiste en la separación del perigonio o cascara y la desaponificación consiste en la eliminación del epispermo del grano. Siendo la desaponificación esencial para el posterior consumo humano y uso agroindustrial (Mujica et al., 2006).

1.4.5 Almacenamiento. Se realiza con el propósito de conservar la calidad del producto, almacenándolo en cuartos limpios, secos y ventilados (FAO, 2011).

1.5 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

Las características nutricionales de la quinua al ser comparadas con otros alimentos básicos se destaca como uno de los alimentos completos, equilibrados y nutritivos (Kozioł, 1992). Se encuentran las proteínas de la quinua que contienen todos los aminoácidos esenciales en un buen balance y sus contenidos grasos están libres de colesterol. Es una buena fuente de lípidos e hidratos de carbono, debido a que el embrión ocupa una mayor proporción de la semilla en comparación con los cereales comunes (IICA 2015). No contiene gluten y puede ser consumida por personas con enfermedad celiaca y personas alérgicas al trigo. Es rica en hierro y magnesio y proporciona fibra, vitamina E, cobre y fósforo, vitaminas B, potasio y zinc (Abugoch, 2009; FAO & Aladi, 2014; IICA, 2015)

1.5.1 Hidratos de carbono. La quinua contiene carbohidratos como almidón de 58.1% a 64.2% de materia seca, siendo el 11% amilosa (Gordillo, Díaz, Roura, Massanés, & Gomis, 2016), azúcar en un 3%, está compuesta de maltosa, D-galactosa y D-ribosa y bajos contenidos de fructosa y glucosa (Abugoch, 2009).

1.5.2 Fibra. La fibra en el grano de quinua representa el 6% del peso total del grano, comportándose como un alimento esencial en el organismo (FAO, 2011).

1.5.3 Lípidos. La quinua es rica en ácidos grasos esenciales como los ácidos linoleico y alfa-linoleico y en mayor proporción en alfa y g-tocoferol (Navruz-varli & Sanlier, 2016).

1.5.4 Proteínas. En la quinua se encuentran aminoácidos esenciales como son: lisina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina, histidina y metionina, que suministran un valor similar al proporcionado por la proteína de la caseína encontrada en la leche. Así como los aminoácidos difieren en la variedad y el tratamiento dado a los granos de quinua, aumentando paulatinamente en la cocción (Abugoch, 2009;

Vega-galvez et al., 2010). En la tabla 2 se presenta los aminoácidos presentes en la quinua.

A continuación, se presenta en la tabla 2, el contenido de aminoácidos de la quinua.

Tabla 2. Contenido de aminoácidos de la quinua

Aminoácidos	Aminoácidos (%)
Acido glutámico	16,2
Acido aspártico	8,6
Lisina*	8,4
Valina*	7,6
Arginina	7,4
Leucina*	7,3
Cisteina	7,0
Isoleucina*	7,0
Tirosina	6,7
Treonina*	5,7
Fenilalanina*	5,3
Glicina	5,2
Serina	4,8
Alanina	4,7
Histidina*	4,6
Prolina	3,5
Metionina*	2,1
Triptofano*	0,9

Nota. *Aminoácidos esenciales

Fuente: (Muñoz, 2010)

1.5.5 Vitaminas. La quinua contiene vitaminas esenciales para el ser humano, en 100 gramos contiene: 0,4 mg de tiamina, 78.1 mg de ácido fólico, 16,4 mg de vitamina C, además contiene 0.20 mg de vitamina B6, 23,5 g de ácido fólico y 7,1 g de biotina (Repo-Carrasco, 2003; Vega-galvez et al., 2010).

1.5.6 Minerales. La quinua en comparación con otros cereales es una buena fuente de minerales como calcio, fosforo, magnesio, hierro y zinc; presentando un contenido alto de hierro. En la etapa de pulido y lavado de las semillas de quinua se presenta una disminución del contenido de mineral, en un 12-15% de concentración de hierro, zinc y potasio y una pérdida de 27% de cobre y 3% de pérdida de magnesio (Jancurová, Minarovičová, & Dandár, 2009).

1.6 COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES

Entre las sustancias antinutricionales en la quinua está la saponina que tiene la capacidad de hincharse y romper los eritrocitos produciendo una liberación de hemoglobina. Las saponinas tienen la propiedad de ser detergentes naturales que están hechos de metabolitos secundarios glucosilados; están compuestas por una estructura de una aglicona esteroidea o triterpenoidea y una o más cadenas de azúcar (Güçlü-Üstündag & Mazza, 2007). Además las saponinas están localizadas en la cascara y poseen un sabor amargo, permitiendo distinguirlas como de variedad dulce ($<0,11$) y amargas ($>0,11$) (Vega-galvez et al., 2010).

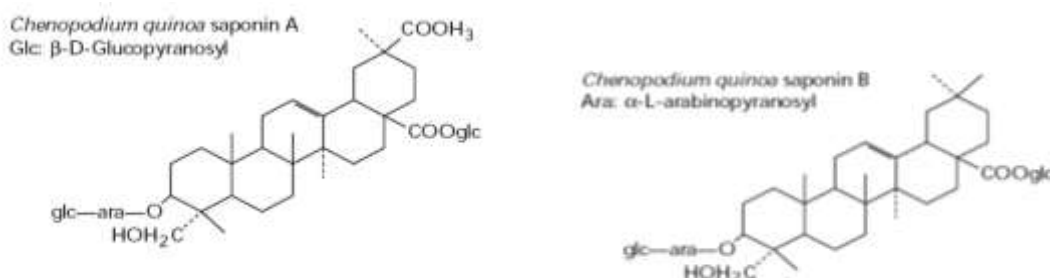
1.6.1 Saponinas. El termino saponina se deriva de la palabra sapo que en latín significa “jabón”, debido a que forma espumas estables parecidas al jabón en soluciones acuosas (Bazile et al., 2014; Gianna, 2013). Las saponinas son glucósidos esteroides o triterpenoides, los triterpenoides se encuentran en los cultivos de plantas superiores (Abugoch, 2009). Las saponinas se componen de una aglicona policíclica que está unida a una o más cadenas laterales de azúcares (Guzmán et al., 2015).

La formación de espuma de las saponinas se lleva a cabo mediante la combinación de la sapogenina hidrófoba y un azúcar hidrófilo (Gianna, 2013). Además las saponinas producen ruptura en los eritrocitos, lo que permite utilizar esta característica en la detección y técnicas de cuantificación de saponinas (Guzmán et al., 2015). Las saponinas cuentan con los siguientes aglicones como el ácido oleonólico, ácido fitolaccagénico, hederagenina, además está el ácido serjanico y el ácido espergulagénico (Kuljanabhagavad & Wink, 2009). En sí las saponinas no tienen una fórmula química bien definida por su origen dual, sin embargo, de manera general se puede sugerir el siguiente esqueleto base: $C_nH_{2n-8}O_{10}$ (con $n \geq 5$) (FAO, 2011).

Las saponinas se caracterizan por que poseen efectos biológicos, incluyendo las actividades anti-fúngicas, antivirales, anticancerosas, hipocolesterolémicas, hipoglucémicas, antitrombóticas, diuréticas, tensoactivas, antiinflamatorias. Las saponinas se ven afectadas por el tipo de núcleo, el número de cadenas azucaradas y tipo de grupo funcional (Hassan et al., 2010; Vega-galvez et al., 2010).

En la figura 4, se representa la estructura de las saponinas en el grano de quinua (*Chenopodium quinoa*).

Figura 4. Estructura de las saponinas en el grano de quinua



Fuente: Ahamed, Singhal, Kulkarni, & Pal, (1998)

1.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA QUINUA

Los granos o semillas de quinoa presentan como características físicas la forma, el tamaño, el volumen, la densidad, la porosidad, el color entre otros que inciden en la calidad de los granos (Ospina 2001).

En la tabla 3, se presentan los parámetros físicos de la quinoa en países como Perú, Ecuador y Bolivia (Erramouspe, Armada, & Molina, 2013; INEN, 1991, 2012, 2013). Mientras en la tabla 4, se presenta los parámetros microbiológicos de los granos de quinoa de Perú y Bolivia (IBNORCA, 2007; INDECOPI, 2009).

Tabla 3. Parámetros físicos de la quinoa en países como Perú, Ecuador y Bolivia

Parámetros físicos	Perú	Ecuador	Bolivia	Métodos
	Valores	Valores	Valores	
Tamaño (mm)	0,21	-	-	
Peso (g)	0,27	-	-	
Densidad (g/ml)	0,61	-	-	
Color	L* 67,17 a* - 0,18 b* 23,84	-	-	
Piedrecillas en 100 g de muestra	-	Máximo: Ausencia	-	
Insectos (insectos, partes o larvas)	-	Máximo: Ausencia	-	
Humedad (%)	Máximo 13,5	-	Máximo 13,5	AOAC 945.15
Cenizas (%)	Máximo 3,5	-	Máximo 3,5	AOAC 945.38
Proteínas (%)	Min 10	-	Min 10	AOAC 992.23
Grasa (%)	Min 4	-	Min 4	AOAC 945.38 – 920.09 E
Fibra cruda (%)	Min 3	-	Min 3	AOAC 945.38 – 962.09.E
Carbohidratos (%)	Min 65	-	Min 65	Determinación Indirecta por la diferencia de 100 en %
Saponinas (mg/100g)	Ausencia	-	120	Método de la espuma

Nota. L* Índice de luminosidad; a* Mide los colores de rojo (+) a verde (-), y el 0 es neutro; b* Mide los colores de amarillo (+) a azul (-) y 0 es neutro.

Fuente: elaboración propia, con base en (Erramouspe et al., 2013; INEN, 1991, 2012, 2013).

Tabla 4. Parámetros microbiológicos de los granos de quinua en los países de Perú y Bolivia

Agente microbiano	Perú						Bolivia					Métodos
					Limite por gramo							
	Categoría	Clase	n	C	M	M	n	c	M	M		
Aerobios mesófilos (UFC/g)	2	3	5	2	10 ⁴	10 ⁶	3	1	200.000	300.000	AOAC 990.12	
Mohos (Perú) Mohos y levaduras (Bolivia) (UFC/g)	2	3	5	2	10	10	3	1	3000	5000	AOAC 997.02 (Perú) AOAC 975.55 (Bolivia)	
Coliformes (Perú) Coliformes totales (Bolivia) (UFC/g)	5	3	5	2	10	10	3	1	100	1000	ISO4831	
Bacillus cereus (UFC/g)	8	3	5	1	10	10	3	1	15	150	AOAC 980.31	
Salmonella sp./25 (g)	10	2	5	0	Ausencia/ 25 g	-	3	0	Ausencia	-	AOAC 967.25	
Recuento de Staphylococcus aureus coagulasa positiva (UFC/g)							3	1	<100		AOAC 975.55	

Nota. n = Número de muestras que se van a examinar; c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M; m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad; M = Índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable.

Fuente: elaboración propia, con base en (IBNORCA, 2007; INDECOPI, 2009) .

2. VARIEDADES DE QUINUA CULTIVADAS

2.1 VARIEDADES DE QUINUA INTERNACIONAL

Según la FAO, (2011), la quinua posee más de tres mil variedades, estas son cultivadas y silvestres, las mismas se resumen en cinco categorías básicas según el gradiente altitudinal: ecotipos del nivel del mar, del altiplano, de valles interandinos, de los salares y de los Yungas.

En la actualidad se estiman variedades y ecotipos de quinuas amargas, semidulces y dulces, esta clasificación se debe al contenido de saponinas entre 0 y 3% en granos secos. Las denominadas amargas cuentan con un contenido de saponina entre 1 y 3%, las quinuas dulces cuentan con un contenido de saponina entre 0,0 y 0,1% y las semidulces entre 0,1 -1% (Güçlü-Üstündag & Mazza, 2007).

Entre otros autores argumentan la variedad dulce con contenido de saponina entre 20 y 40 mg por 100 gramos de peso seco y las variedades amargas el contenido de saponinas es mayor a 470 mg por 100 gramos de peso seco (Mastebroek, Limburg, Gilles, & Marvin, 2000).

En Bolivia se encuentran como variedades comerciales dos tipos de quinua, un grupo de quinua denominado quinua Real que es amarga, con mayor diámetro del grano y es cultivada en el altiplano sur y las quinuas dulces y amargas cultivadas en el Norte y Centro, que son variedades mejoradas y su tamaño varía de pequeño a grande (Mujica et al., 2006)

A nivel nacional se desarrollan estudios que permiten evaluar la quinua dentro de su cultivo y aceptación en Nariño, Boyacá, Cundinamarca, Cauca, Manizales para su adaptación y manejo de quinuas dulces y amargas. Destacándose más las quinuas dulces (Betancourth, Barco, & Rosas, 2006; Delgado, Palacios, & Betancourt, 2009; Guerrero et al., 2017). A continuación, se presenta en la tabla 5, una comparación de las variedades, origen y contenido de saponinas de la quinua a nivel internacional.

Tabla 5. Comparación de variedades, origen y contenido de saponinas de la quinua a nivel internacional

Origen País	Variedad/cultivo/ecotipo	Contenido de saponina en (%)	Genotipo *	Referencia
Chile	Línea roja ancovinto	Alto	-	Fuentes, 2008
	Línea amarilla ancovinto	Medio	-	
	Cancosa	-	-	Vega-galvez et al., 2010
	Cáhuil	-	-	
	Faro	-	-	
	Regalona	-	-	
	Villarrica	-	-	

Tabla 5 (Continuación)

Origen País	Variedad/cultivo/ Ecotipo	Contenido de saponina en (%)	Genotipo *	Referencia
Colombia	Blanca dulce	-	Dulce	Delgado, 2013
	Tunkahuan	-	Dulce	
	Amarilla de marangani	Alto	Amarga	
	Blanca de Nariño	Bajo	-	Fuentes, 2008
	SL 47	-	Dulce	Delgado, Palacios, & Betancourt, 2009
	Piartal	-	Dulce	
	Tunkahuan	-	Dulce	
	Dorada de Bolivia	-	-	Guerrero et al., 2017
	Blanca de Jericó	-	Dulce	Betancourth et al., 2006; Sañudo & Betancourt, 2005
	Aurora dulce Nariño	-	Dulce	Guerrero et al., 2017
	Purpura	-	Dulce	Benavides, Rodriguez, Sanchez, & Jurado, 2018
Ecuador	INIAP- Ingapirca	-	-	Ministerio de agricultura y desarrollo rural & Colombia, 2005
	INIAP- Imbaya	-	-	
	INIAP-Cochasqui	-	-	
	ECU-420	-	-	
	Masal 389	-	-	
	INIAP Tunkahuan	Poco	Dulce	Peralta et al., 2012
	INIAP Pata de venado	Poco	Dulce	
Perú	Amarilla de Marangani	Alto	-	Apaza, Cáceres, & Pinedo, 2013
	Rosada de Taraco	Alto	-	
	INIA 427 - Amarilla Sacaca	Alto		
	Quillahuaman INIA	Regular	-	
	Huancayo	Regular	-	
	Rosada de Junin	Regular	Dulce	
	Blanca de Juli	Poco	Semidulc e	
	Rosada de Yanamango	Poco	-	
	Kankola	Poco	-	
	Witulla	Medio/alto	-	
	Tahuaco	Alto	-	Fuentes, 2008
Bolivia	Camacani	Alto	-	Fuentes, 2008
	Salares	Alto	-	
	Sajama	-	-	Ministerio de agricultura y desarrollo rural & Colombia, 2005
	Sayana	-	-	
	Chucapaca	-	-	
	Kamiri	-	-	
	Real	-	-	
	Toledo	-	-	

Tabla 5 (Continuación)

Origen País	Variedad/cultivo/ecotipo	Contenido de saponina en (%)	Genotipo *	Referencia
México	Huatzontle blanco	-	-	Ministerio de agricultura y desarrollo rural & Colombia, 2005
	Huatzontle rojo	-	-	
	Huatzontle amarillo	-	-	
Argentina	CICA		Dulce	Erramouspe et al., 2013

Nota. Clasificación del genotipo. Amarga si porcentaje de saponina es $>0,11$ o dulce si el porcentaje es de $<0,11\%$; Contenido de saponina para quinua. Alto y mucho (3% y mas), medio y regular (entre 1 y 2%), y bajo (menor de 1%).

Fuente: elaboración propia, con base en (Apaza et al., 2013; R. M. Benavides et al., 2018; Betancourth et al., 2006; Angela Delgado, 2013; Erramouspe et al., 2013; Fuentes, 2008; Guerrero et al., 2017; Ministerio de agricultura y desarrollo rural & Colombia, 2005; Peralta et al., 2012; Sañudo & Betancourt, 2005; Vega-galvez et al., 2010)

2.2 VARIEDADES DE QUINUA CULTIVADAS EN CUNDINAMARCA

Para la elección de la técnica debe considerarse las variedades que se cultivan específicamente en el departamento de Cundinamarca, según diferentes reportes se cultiva: blanca de Jericó, aurora, purpura y amarilla de marangani. A continuación, se presenta las características de cada variedad.

2.2.1 Variedad Blanca de Jericó. Considerada una variedad dulce (Betancourth et al., 2006). Presenta un porte alto, ramificación abierta desde la base y panoja y su color es blanco rosado (Sañudo & Betancourt, 2005). El porcentaje de granos enteros esta dado en un 99%, con un porcentaje de impurezas totales de 0,35%. El valor nutricional de esta variedad por 100 gramos en proteína cruda es de 12,13%, en humedad 14,46%, en fibra cruda 1,70%, en cenizas 2,37% y en grasa cruda 6,02% (Benavides et al., 2018)

2.2.2 Variedad amarilla de Marangani. Presenta un color del grano amarillo, la panoja es anaranjada en la madurez, el diámetro del grano es de 2,00 mm, el rendimiento de la semilla por planta 85,00 a 97,00 gramos, es tolerante al mildiu, su contenido de saponina es 7% y una efusión de saponina alta. El valor nutricional de esta variedad por 100 gramos en proteína es del 13,85%, en humedad 8,72%, en fibra 2,56% y en cenizas 2,00% (Apaza et al., 2013) y es considerada una variedad amarga (Delgado, 2013)

2.2.3 Variedad Aurora. Es una variedad dulce (Guerrero et al., 2017). Cuando llega a la madurez presenta una tonalidad blanca-rosada, las semillas son de color blanco y pequeño, un diámetro menor a 2 mm (FAO & MADR, 2016). El porcentaje de granos enteros esta dado en un 96%, con un porcentaje de impurezas totales de 4,1%. El valor

nutricional de esta variedad por 100 gramos en proteína cruda es de 16,06%, en humedad 12,74%, en fibra cruda 2,61%, en cenizas 2,29% y en grasa cruda 5,21% (Benavides et al., 2018)

2.2.4 Variedad Purpura. Es considerada una variedad dulce. El porcentaje de granos enteros esta dado en un 96%, con un porcentaje de impurezas totales de 3,2. El valor nutricional de esta variedad por 100 gramos en proteína cruda es de 14,00%, en humedad 11,58%, en fibra cruda 2,05%, en cenizas 2,19% y en grasa cruda 5,80% (Benavides et al., 2018).

3. ESTUDIO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS DE LA QUINUA PARA CUNDINAMARCA Y ANÁLISIS DOFA

Entre las técnicas de extracción de saponinas de la quinoa, se destacan desde los más sencillos hasta técnicas que requieren equipos adecuados para la extracción de la misma. A continuación, se presentan una síntesis de las técnicas empleadas a nivel mundial para definir las técnicas pertinentes para Cundinamarca.

3.1 TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS DE LA QUINUA

3.1.1 Extracción manual - Frotado y lavado. Se somete los granos de quinoa humedecidos y tostados, continuando frotándolos en una piedra de moler para luego ser lavados con agua, restregados manualmente y lavados con agua quedando un agua sin espuma. Otra técnica es tomando los granos de quinoa que se encuentran en una bolsa de tela, los que son restregados en agua sobre piedras, sin perder el germen, terminando el proceso eliminando piedras y tierra, se completa el proceso sometiendo los granos de quinoa al sol o secado en horno a baja temperatura hasta lograr una humedad de 10 a 12%, y así evitar la formación y germinación de mohos (Tapia, 2007).

Mediante el lavado se presenta una reducción de saponina a 2,75% que probablemente ocurre por la solubilidad el agua de la saponina implicando que la semilla de quinoa no deja de ser amarga (Nickel, Pio, Torma, Arocha, & Helbig, 2016).

3.1.2 Desamargado de la quinoa sin agua. Requiere el tostado y venteado, se lleva a cabo el desamargado donde se utiliza una tostadera de barro o arcilla y se remueve continuamente la quinoa que esta sobre el fogón. La quinoa es pelada sobre un cuero haciendo uso de una piedra grande de batan para eliminar la cascara. Con ayuda de la corriente de aire se ventea la quinoa contenida en una manta y de esta manera se obtiene una quinoa libre de impurezas, para posteriormente almacenarla (Tapia, 2007).

3.1.3 Extracción vía seca (escarificación). Se realiza mediante fricción entre granos por acción mecánica (escarificado) obteniendo un polvo rico en saponina llamado “mojuelo” y el lavado con agua para suprimir el epispermo remanente. Se obtiene un rendimiento del mojuelo de 4,5% respecto al grano. Se realiza con maquinaria e instalaciones adecuadas (Flores et al., 2005; Tapia, 2007).

Esta técnica permite eliminar las saponinas en un 58%, quedando ciertas partículas, sin embargo, se reporta que existe variación en el rendimiento de una variedad y otra (Corzo, 2008). Respecto a la maquinaria utilizada es económico, sin embargo, sí se considera el tiempo empleado en el escarificado se incrementan los costos, presenta dificultad debido a que elimina parte del embrión donde están las proteínas y grasas, presentando inconsistencias en cuanto a la forma del grano, a la ubicación muy externa del germen y a la saponina que está alrededor del alimento (Bacigalupo & Tapia, 2000).

3.1.4 Extracción vía seca (termomecánico). Involucra el uso de un lecho fluidizado de tipo surtidor, aplicando los principios de producción más limpia. Este sistema toma las partículas de quinuas ya seleccionadas y limpias y las somete a la fluidización por medio de una corriente regulada de aire, generando un lecho donde: la fricción y choques constantes entre ellas posibilita la remoción de las capas externas del episperma de alto contenido de saponinas obteniendo un polvo fino, la pérdida de nutrientes es mínima por la abrasión controlada entre las partículas, se recuperan las saponinas mediante un ciclón total, hay ahorro de agua y no se presenta la contaminación de aguas (Quiroga et al., 2011).

3.1.5 Extracción vía húmeda. Los granos de quinua son sometidos a remojo, agitación, enjuague y escurrido, se utiliza magneto, agua caliente a 55°C y agua fría, posteriormente se continua con el secado a temperatura de 60°C durante 30 minutos con el propósito de evitar la germinación de algún tipo de microorganismos. Se obtiene una disminución de saponina en un 68%, su costo es alto debido al proceso de secado, es necesario usar el agua a temperatura de ebullición, se necesitan varias pasadas que permitan disminuir el contenido de saponinas para su consumo humano (Corzo, 2008).

Esta técnica requiere grandes cantidades de agua y energía, durante el proceso, ocasionando volúmenes altos de efluentes contaminados con saponinas que se descargan al ambiente sin un tratamiento previo.

3.1.6 Extracción con químicos. Se introducen los granos de quinua en una solución de hidróxido al 10% a 100°C durante 1,5 minutos, se lava y seca. El contenido de saponina disminuye en un 64% y su peso es incipiente. Esta técnica tiene un costo alto debido al uso de reactivos, al lavado, el secado y al tiempo prolongado de desaponificación (IICA 2002).

Se toma como referencia la extracción con químicos mediante dos técnicas, en el primero se desengrasa la muestra con cloroformo y luego se extrae la saponina con etanol en el soxhlet obteniendo un mayor porcentaje y en el segundo se realiza mediante la maceración con etanol obteniendo como producto el extracto bruto de saponinas, este se hidroliza dando unos cristales pardos que por recristalización llegan a color blanco transparente (Tomás, Huamán, Aguirre, & Barrera, 2010)

3.1.7 Técnica combinada o mixta. Se aplica primero un escarificado para eliminar un porcentaje alto de saponina y se continua con un lavado final para eliminar el remanente (Nieto & Vimos, 1992). Con el escarificado se elimina un 65% de porcentaje de saponina, continuando con el lavado y secado final, teniendo la precaución de no germinar el grano. La técnica combinada permite un ahorro significativo de agua empleado durante el proceso y permite la minimización de la ruptura de los granos. (Gianna, 2013).

3.1.8 Extracción asistida por microondas. La extracción asistida con microondas (EAM) se realiza en contacto con una matriz que contiene un compuesto y un solvente que es calentado por la energía de las microondas. El proceso consiste en la eliminación de impurezas mediante el uso de una serie de 3 tamices montados en un vibrador con tamices y un colector, antes de este proceso se secan las semillas a temperatura de

50°C con un secador de lecho fluidizado para posteriormente ser almacenadas en bolsas selladas de polietileno hasta su uso (Gianna, 2013).

3.1.9 Extracción de las saponinas a altas presiones (HPSE). La extracción con solvente a alta presión (HPSE) - sólido-líquido, se da como alternativa de técnicas convencionales de extracción como Soxhlet, maceración, precolación o reflujo, esta técnica permite obtener tiempos más cortos de extracción, menores consumos de disolvente y mayores rendimientos de extracción. La presión mayor que la atmosférica conlleva al disolvente a introducirse en los poros de la matriz, permitiendo la extracción de los analitos. Las altas temperaturas disminuyen la viscosidad del disolvente líquido, que permite un mejor acceso del mismo en la matriz y debilitamiento en la extracción soluto/matriz. Así como las temperaturas altas mejoran la difusividad del disolvente, logrando un aumento en la velocidad de extracción (Kaufmann Béatrice, 2002).

Se reporta que la extracción a altas presiones, en relación a las distintas variables operativas, permite un buen análisis cuantitativo y la remoción del contenido de saponinas en los aquenios de *Chenopodium quinoa* que permita desamargar el grano para consumirlo como alimento (Gianna, 2013).

3.1.10 Lecho fluidizado tipo surtidor (LFTS). En esta técnica se toma la quinua previamente seleccionada y limpia procediendo a una fluidización mediante una corriente regulada de aire, generando un lecho donde la fricción y choques continuos entre ellas se obtiene la remoción de las capas externas del episperma con alto contenido de saponinas obteniendo así un polvo fino. En este sistema de extracción de saponinas, se toman como variables el ecotipo, el diámetro de boquilla, la altura de lecho en la remoción de saponinas, los requerimientos nutricionales, la morfología del grano de quinua procesado y el consumo de energía; donde se hace más énfasis en la remoción de la capa externa, el ecotipo de quinua, el diámetro del reactor, diámetro de la boquilla y diámetro del lecho, el tiempo de proceso y la altura del lecho. Concluyendo una remoción adecuada de las capas externas de episperma con un grano libre de daños morfológicos de acuerdo al grano no procesado, esto de acuerdo a la variedad aplicada y a un diámetro menor de boquilla donde se obtiene menores flujos de aire y mayores alturas de lecho, obteniendo mayores cargas de quinua y con un consumo mínimo de energía y pérdida de nutrientes mínima. (Escalera, Quiroga, 2010; Obando, Escalera, Quiroga, Arteaga, 2013; Quiroga et al., 2011).

3.2 ANTECEDENTES DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS DE LA QUINUA

El estudio realizado en Ecuador en la extracción de saponina, utilizó la técnica de lecho fluidizado pulsante que generalmente es utilizado en el secado y beneficiado del arroz, café y otros granos; se aplica a la variedad de quinua tipo Chimborazo, que antes de ser desaponificada tiene un contenido de saponina de 0,45% y para tal efecto se realiza la comparación con el método húmedo tradicional, incidiendo en que el consumo de agua es menor al tradicional siendo una ventaja para el método propuesto de lecho fluidizado

pulsante. Con esta técnica se lleva a cabo una velocidad de flujo de aire mayor en los granos de quinua con un buen choque continuo entre ellos y un buen tiempo con la superficie rugosa, obteniendo una buena remoción del episperma y por ende obteniendo una mayor cantidad de saponina, una pérdida de nutrientes mínima debido a una abrasión controlada entre las partículas. En si esta técnica no es del todo eficaz debido a que la remoción de saponina no es del todo completa incidiendo en un sabor amargo ligero. Siendo necesario continuar con el estudio en la parte de la interacción de los granos de quinua en contacto con las diferentes superficies rugosas que permitan disminuir el tiempo de desaponificado (Chingal, 2016).

Mediante el estudio realizado en las instalaciones del Jardín Botánico José Celestino Mutis de la ciudad de Bogotá, D.C.-Colombia, entre septiembre de 2007 y junio de 2008, se analizan las variedades amargas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), amarilla de maragani procedente de Boyacá y sajama morada procedente del Cuarto frio, con el propósito de determinar una técnica de desaponificación económica y favorable para el ambiente. Se procede a realizar la cuantificación de saponina utilizando el método de espuma antes y después de considerar el proceso de desaponificación, posteriormente se toma de cada variedad en cada una de las pruebas 300 gramos y se concluye que la técnica combinada es la más eficiente, logrando eliminar 75% de las saponinas. Con esta técnica de combinado o mixto que involucra el mecánico, abrasivo y húmedo; se concluye en cuanto a las técnicas nombradas anteriormente que se logra con esta técnica de combinado minimizar el tiempo de proceso, eliminar en un 75% las saponinas, exponer el grano de quinua un tiempo corto a la humedad, su costo es económico, se obtiene saponina en forma de polvo y el porcentaje sobrante se elimina en el lavado y en si no genera un grave impacto ambiental (Corzo, 2008).

Mediante el apoyo de la asociación de productores de Asoagrocampo ubicada en Carmen de Carupa con la colaboración de una persona con conocimientos en mecánica y el acompañamiento de 4 estudiantes de la universidad de Cundinamarca seccional Ubaté se llevó a cabo la co-creación de una máquina para el proceso de desaponificado de quinua de una manera más eficiente. El proceso de desaponificado se realiza tomando una cantidad de quinua de 18 libras y llevando a cabo el procedimiento en un tiempo de 20 minutos, donde no hay intervención manual, posteriormente se lava y seca al sol (Asoagrocampo, 2017)

La creación se realiza con materiales reciclados obteniendo un prototipo funcional de bico-desaponificadora que permite evitar el uso de procesos manuales para la extracción de saponina, facilita el proceso de lavado. Cabe anotar la acogida de este desaponificadora por asociaciones quienes la adquieren y por ende se hace necesario mejorar al 100% su diseño para un eficiente desaponificado (Asoagrocampo, 2017)

El estudio realizado en la planta pila ICTA donde se realiza la extracción mediante un reactor compuesto por el sensor de temperaturas del microondas, un recipiente de gruesas paredes Schott DURAN de 50 ml con resistencia a presiones de hasta 5 bar, una tapa torneada de teflón que consta de 2 aros sellos que permite que se escape los vapores del solvente extractante, una cámara protectora (que no permite una eventual

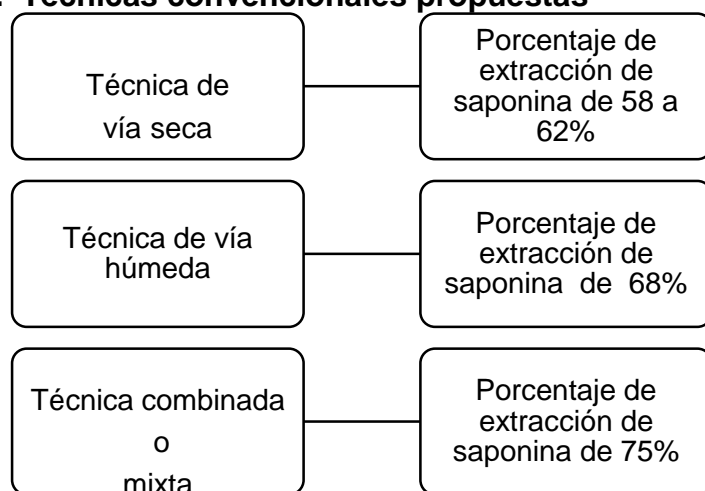
explosión del reactor que evita la proyección de trozos de vidrio). Logrando así un conjunto armado que permite la extracción. El reactor es introducido en el microondas con la cámara de protección. Se estima la técnica de extracción asistida por microondas variando variables como temperatura, tiempo de aplicación de la radiación de microondas, composición del solvente y proporción de solvente: terminado el proceso de eficiencia en cada ensayo se encuentra una extracción con la mezcla isopropanol-agua de 98,1% y en la mezcla etanol-agua de 57,1%. Se utiliza reactivos como alcoholes etílico e isopropílico calidad del reactivo analítico y agua destilada para la preparación de los solventes extractantes (mezclas hidroalcohólicas). En cuanto a las condiciones de extracción se manejan parámetros de composición y volumen del disolvente, temperatura, potencia de microondas, tiempo de extracción y características de la matriz, relación volumen de solvente /peso de frutos. Este estudio permite considerar la eficiencia de extracción de saponinas de la semilla de quinua, por medio de la combinación de variables operativas, combinando con la radiación de microondas, logrando así una extracción en tiempos cortos como sólido-liquido (Gianna, 2013).

3.3 TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE SAPONINAS PARA CUNDINAMARCA

El presente estudio presenta las diferentes técnicas que podrían ser aplicadas en Cundinamarca, considerando las variedades cultivadas como son marangani que es una variedad amarga y las variedades blanca de Jericó, aurora y purpura que son consideradas como variedades dulces, al ser necesario un adecuado manejo poscosecha y unas condiciones adecuadas de recuperación de las saponinas.

3.3.1 Técnicas tradicionales. Mediante la siguiente figura, se explican las diferentes técnicas convencionales propuestas para Cundinamarca ya que permiten extraer la saponina teniendo en cuenta el porcentaje de extracción de saponina, la variedad y la capacidad del equipo.

Figura 5. Técnicas convencionales propuestas



Fuente: elaboración propia, con base en (Corzo, 2008; Nuñez, 2008)

Entre las ventajas y desventajas que se encuentran en las técnicas tradicionales se presentan las siguientes en la tabla 6:

Tabla 6. Beneficios y desventajas de las técnicas tradicionales para Cundinamarca

Técnica	Beneficios	Desventajas
Técnica de desaponificación vía seca (escarificación)	<ul style="list-style-type: none"> • Esta técnica no produce efluentes líquidos. • Su costo de producción es bajo • 	<ul style="list-style-type: none"> • La eficiencia de extracción de saponina es de 80 – 90% • Entre mayor es el porcentaje de extracción de saponina, se presentan pérdidas y daños al producto.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede procesar altos volúmenes • No necesita secado • Se recupera fácilmente los polvos finos. • 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del contenido de proteínas debido a que se pierde parte del embrión. • El contenido de granos quebrados y partidos es alto. •
Técnica combinada o mixta	<ul style="list-style-type: none"> • Es eficiente en la extracción de saponinas. • Se usa cantidades mínimas de agua • La hidratación de los granos es mínima. • El tiempo de secado es mínimo debido a que el grano no estuvo mucho tiempo expuesto a la humedad. • Esta técnica es económica y no afecta el ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presentan granos partidos. • Los granos dañados absorben humedad. • Se presentan granos con el embrión desprendido.
Técnica de desaponificación húmedo	<ul style="list-style-type: none"> • El porcentaje de extracción de saponina se considera alto. • No se presentan granos partidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza volúmenes altos de agua • Los granos tienden a hidratarse de 25-30% de humedad. • El secado es prolongado. • Contaminación de efluentes con saponina. • Los costos de producción son altos. • Se presentan granos germinados.

Fuente: elaboración propia, con base en (Corzo, 2008)

3.3.2 Técnicas emergentes. Estimando de esta manera las técnicas más adecuadas en la desaponificación de la quinua que permitan al productor, a las asociaciones de productores y demás actores involucrados en el manejo de la quinua optar por las técnicas que se desarrollan en otros países y se puedan adaptar a Colombia, específicamente a Cundinamarca.

Según los estudios, las técnicas encontradas, los procesos de desaponificación y las variedades cultivadas en Cundinamarca se tiene en cuenta que las técnicas de

extracción de saponinas a altas presiones (HPSE) y la *extracción asistida por microondas*, se podría aplicar a las variedades dulces entre las que se encuentran blanca de Jericó, aurora y purpura. La técnica de lecho fluidizado tipo surtidor permite eliminar las saponinas de quinuas amargas como la variedad amarilla de marangani.

Entre las ventajas y desventajas que se encuentran en las técnicas emergentes se presentan las siguientes:

Tabla 7. Beneficios y desventajas de las técnicas emergentes para Cundinamarca

Técnica	Beneficios	Desventajas
Extracción de saponinas a altas presiones (HPSE)	<p>Esta técnica se realiza en tiempos muy cortos de extracción, menores consumos de disolvente y mayores rendimientos de extracción.</p> <p>La presión que ejerce es mayor a la atmosférica lo que conlleva al disolvente a introducirse en los poros de la matriz, permitiendo la extracción de los analitos.</p> <p>Las altas temperaturas mejoran la difusividad del disolvente, permitiendo un aumento en la velocidad de extracción.</p>	Requiere de personal idóneo que maneje conceptos, técnicas y equipos para la extracción de la saponina.
Lecho fluidizado tipo surtidor (LFTS)	<p>Mediante esta técnica se realiza la remoción adecuada de las capas externas de episperma con un grano libre de daños morfológicos de acuerdo al grano no procesado, teniendo en cuenta la variedad.</p> <p>Esta técnica requiere un consumo mínimo de energía.</p> <p>La pérdida de nutrientes es mínima.</p> <p>Se lleva a cabo mediante un impacto ambiental positivo mediante la generación de producción más limpia.</p>	<p>Se debe tener en cuenta la variedad que se le aplica esta técnica.</p> <p>Requiere de personal idóneo que maneje conceptos, técnicas y equipos para la extracción de la saponina.</p> <p>Se debe tener extremo cuidado en el uso de un diámetro adecuado de boquilla para así obtener menores flujos de aire y mayores alturas de lecho.</p>
Extracción asistida por microondas (EAM)	El uso de 3 tamices en un vibrador con tamices y un colector permite eliminar en una mayor proporción las impurezas.	Requiere de personal idóneo que maneje conceptos, técnicas y equipos para la extracción de la saponina.

Fuente: elaboración propia, con base en (Gianna, 2013; Kaufmann Béatrice, 2002)

Con estas técnicas de extracción de saponinas y con la participación de los diferentes entes que permitan su uso se lograría la calidad y la competitividad de este producto, donde se destacan en Cundinamarca las quinuas dulces y en menor proporción las quinuas amargas como la amarilla de marangani. Es importante resaltar que es necesario adoptar las variedades amargas que hacen más resistente al cultivo y donde la técnica de extracción de saponinas es más adecuada para su extracción.

3.3.3 Análisis de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas (DOFA). En la siguiente matriz DOFA, se realiza la comparación de las diferentes técnicas tradicionales y las técnicas emergentes aplicados en la desaponificación de la quinua donde resaltan los beneficios, costos, aplicabilidad y su desempeño en el procedimiento de desaponificado.

Tabla 8. Análisis DOFA de las diferentes técnicas tradicionales y emergentes para la extracción de saponinas de la quinua

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Técnicas convencionales	Técnicas convencionales
<p>Generación de beneficios de carácter social para agricultores y seguridad para los consumidores.</p> <p>Bajo costo en la maquinaria en la técnica de desaponificación vía seca (escarificación)</p>	<p>Costos altos en la adquisición de maquinaria para el desaponificado de la quinua.</p> <p>Incremento en el costo debido al tiempo empleado en el escarificado</p> <p>Alto consumo de agua y energía</p> <p>La humedad en el producto genera pérdidas en la obtención del producto final que se lleva a cabo en la técnica húmeda.</p>
Técnicas emergentes	Técnicas emergentes
<p>Manejo tecnológico de maquinaria adecuada para el desaponificado de la quinua</p> <p>Es una técnica innovadora que permite obtener un producto con las mejores cualidades.</p>	<p>Difícil de implementar debido al poco apoyo por parte de los entes gubernamentales.</p> <p>Falta de capacitación en la cadena productiva respecto a la etapa de poscosecha.</p> <p>Baja inversión en la investigación y desarrollo del producto de la quinua.</p> <p>Falta de trazabilidad del producto en la cadena de valor.</p> <p>La estandarización del producto en cuanto a calidad es poca.</p> <p>Alto costo en el uso de reactivos en la técnica asistida por microondas.</p>
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Técnicas convencionales	Técnicas convencionales
<p>Con la técnica mixta o combinada que involucra el escarificado y lavado, se obtiene un tiempo de exposición de saponina en el agua breve y los costos de secado son bajos al realizar un lavado ligero.</p> <p>De acuerdo a las variedades de quinua para ser desaponificadas, se obtiene la calidad del producto final</p>	<p>Escasa tecnología para el proceso de desaponificado de la quinua</p> <p>El uso de máquinas pulidoras de cereales en la técnica en seco es económico, pero no elimina totalmente la saponina del grano, donde al pulir más el grano de quinua se pierden nutrientes como la proteína que se encuentra en la superficie del grano.</p> <p>Se presenta inconsistencia en la técnica de escarificado debido a se pierde parte de las proteínas y las grasas.</p> <p>El alto consumo de agua en la desaponificación por vía húmeda generando efluentes contaminados y por ende hay pérdida de saponina.</p>

Tabla 8 (Continuación)

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Técnicas emergentes	Técnicas emergentes
Posicionamiento de las técnicas emergentes que permitan obtener un producto y una saponina con características aceptables para el consumidor.	Costo alto que no permita continuar utilizando esta técnica
Conserva el valor proteico se conserva.	Solo se puede usar para ciertas variedades donde se obtienen mayores rendimientos que otras.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Análisis de Entidades involucradas en la cadena de quinua en Colombia. Entre los actores vinculados con la cadena productiva de la quinua se encuentran el Ministerio de agricultura y desarrollo rural (MADR), la entidad Procolombia quien maneja como expectativa la estrategia para el desarrollo de la quinua en Colombia. Fedequinua promueve el cultivo de la quinua en Colombia, su transformación, comercialización y consumo donde se destaca Cundinamarca (Jäger, 2015).

Entre otras entidades están CIAT, que se dedica a la investigación en cadenas de valor de la quinua; el SENA dedicada al conocimiento en el desarrollo agropecuario, la capacitación, investigación y el impulso del cultivo de la quinua; la UNAD impulsa la conformación de la cadena de quinua actualmente mediante diferentes estudios que apoyan los diferentes eslabones de la cadena, mientras otras Universidades se dedican a la investigación en los procesos de transformación de la quinua (Jäger, 2015, Benavides et al, 2018).

Siendo necesario la integración de asociaciones de productores a mercados a través de negocios inclusivos en desarrollo de la cadena productiva de la quinua. Así como la obtención de una norma técnica de calidad colombiana para la quinua por parte del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) que permita obtener estándares y se apliquen en los diferentes productos a nivel nacional que permita la certificación de la calidad de la quinua, el diseño y prototipo de maquinaria especializada, la revisión de las innovaciones generadas a nivel mundial, el asesoramiento en la investigación y desarrollo (Jäger, 2015).

4. CONCLUSIONES

Se evidencia que existen diferentes técnicas de extracción de saponinas de la quinua tanto tradicionales como emergentes a nivel nacional e internacional que pueden favorecer la calidad del grano de la quinua en Cundinamarca, destacando que la desaponificación es una etapa crítica de la poscosecha que debe ser evaluada, al considerar la producción, la variedad, el impacto ambiental y el factor económico para poder elegir la técnica más apropiada como una alternativa de mejoramiento para la conformación de la cadena productiva en Cundinamarca.

Se concluye que las técnicas para Cundinamarca pueden ser: la técnica de extracción tradicional la técnica combinada o mixta, ya que presenta grandes beneficios, por ser unas técnicas eficientes, usan cantidades mínimas de agua, estas técnicas son económicas y no afectan el ambiente. Mientras en las técnicas emergentes se recomienda la extracción asistida por microondas, al contar con un personal idóneo que maneje conceptos, técnicas y equipos para la respectiva extracción de la saponina. Otra técnica emergente es el lecho fluidizado tipo surtidor presenta un impacto ambiental positivo al generar una producción más limpia.

En el DOFA se encontró que las técnicas emergentes son los que presentan más debilidades por ser difícil la implementación, alto costo para el uso de reactivos. Mientras las técnicas convencionales presentan una alta amenaza para la poscosecha.

Como alternativa de mejora se plantea crear alianzas con diferentes entidades gubernamentales que apoyen la conformación de la cadena productiva de Cundinamarca y de forma indirecta se promueva la investigación para mejorar etapas críticas y evitar pérdidas o rechazo por la calidad en el grano.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L. (2009). *Chapter 1 - Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 58). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Agronet. (2017). Estadísticas agrícolas, área y producción de la Quinua en Colombia. Tomado de: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>.
- Ahamed, N. T., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., & Pal, M. (1998). A Lesser-Known Grain, *Chenopodium Quinoa*: Review of the Chemical Composition of its Edible Parts. *Food and Nutrition Bulletin*, 19(1), 61–70. <https://doi.org/10.1177/156482659801900110>
- Apaza, V., Cáceres, G., Rigoberto, E., & Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú, 1–82.
- Asoagrocampo. (2017). Memorias del cluster de innovación regional 2017-II “Prototipo funcional de máquina desaponificadora,” 1–36.
- Bacigalupo, A., & Tapia, M. (2000). Agroindustria. In *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación* (Gegra S.A, pp. 112–150). Santiago, Chile.
- Bazile, D., Bertero, H. D., & Nieto, C. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013.
- Benavides, A. (2014). “La demanda de quinua en el Departamento de Nariño-Colombia y la producción en la Provincia del Carchi.” Universidad Politecnica Estatal del Carchi.
- Benavides, R. M., Rodriguez, I., Sanchez, C., & Jurado, N. (2018). *Evaluación de la producción primaria de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) a través de estrategias tecnológicas para promover la cadena productiva en Cundinamarca*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Bergese, A., Boiocchi, P., Calandri, E., Cervilla, N., Gianna, V., Guzmán, C., ... Mufari, J. (2015). *Aprovechamiento integral del grano de quinua*. (G. Florencia, Ed.). Córdoba.
- Betancourth, C., Barco, O., & Rosas, I. (2006). Evaluación y transferencia de tecnología para tres genotipos promisorios de quinua dulce (*Chenopodium quinoa willd*) en los municipios de Pasto y Guaitarilla del departamento de Nariño, 74–87.
- Canahua, Alipio ; Mujica, A. (2013). Quinua: pasado, presente y futuro. *Agro Enfoque*, 13–17.
- Chingal, K. (2016). Desaponificación de quinua *Chenopodium quinoa* del ecotipo chimborazo mediante lecho fluidizado pulsante, 13.
- Condori, J. (2013). Desaponificado, selección y clasificado de granos andinos, 1–31.
- Corzo, D. (2008). Análisis y selección de diferentes métodos para eliminar las saponinas en dos variedades de *Chenopodium quinoa* Willd, 153–162.

- Danz, L., & Olaguivel, A. (2016). *Diseño y evaluación de una escarificadora para la extracción de saponina de la quinau-región Puno*. Universidad Nacional del altiplano.
- Delgado, A. (2013). *Diarios de la quinoa. Defensa del cultivo de la quinia en la provincia del guavio y la justificación teorica para la creación y comercialización a nivel local de un producto con base a quinoa para garantizar el autoconsumo undirecto por parte de la poblac.* Universidad de los andes.
- Delgado, A., Palacios, J., & Carlos, B. (2009). Evaluación de 16 genotipos de quinoa dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia), 159–167.
- Erramouspe, P. L. J. De, Armada, M., & Molina, E. G. (2013). Propiedades físico-químicas , estructurales y de calidad en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad CICA , con evaluación de la eficiencia de un proceso artesanal de escarificación en seco.
- Escalera, Quiroga, A. . (2010). Desarrollo y desempeño de un proceso de beneficiado en seco de variedades amargas de quinua basado en la aplicación de un lecho fluidizado de tipo surtidor (LFTS). *Investigación Y Desarrollo - Universidad Privada Boliviana*, 1(10), 32–48. <https://doi.org/10.23881/idupbo.010.1-3i>
- FAO. (2011). La quínuu: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Available in: [Http://www. Fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo_quinua_es. Pdf](http://www.Fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo_quinua_es.Pdf).
- FAO & ALADI. (2014). Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinua, 1–56.
- FAO, & MADR. (2016). *Consideraciones sobre el manejo agronómico del cultivo de la quinua en el departamento de Nariño*.
- FAOSTAT. (2018). FAOSTAT database. *Food And Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Flores, Y., Díaz, C., Garay, F., Colque, O., Sterner, O., & Almanza, G. R. (2005). Oleanane-type triterpenes and derivatives from seed coat of Bolivian *Chenopodium quinoa* genotype “salar.” *Revista Boliviana de Química*, 22(1), 71–77.
- Fuentes, F. (2008). Mejoramiento genetico de la quinua, 71–95.
- Gianna, V. (2013). *Extracción, cuantificación y purificación de saponinas de semillas de Chenopodium quinoa Willd provenientes del noroeste Argentino*. Universidad Nacionald de Córdoba.
- Gobierno de la provincia de Jujuy. (2013). *Los haceres y saberes de la quinua*.
- Gordillo, E., Díaz, D., Roura, E., Massanés, T., & Gomis, R. (2016). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from Nutritional Value to Potential Health Benefits : An Integrative Review, 6(3). <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000497>
- Güçlü-Üstündag, Ö., & Mazza, G. (2007). Saponins: properties, applications and processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3), 231–258.

- Guerrero, P., Hurtado, A., & Ceballos, N. (2017). Estudio técnico y económico de cuatro variedades de quinua en la region andina central colombiana. *Revista Luna Azul*, (46). <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.10>
- Guzmán, B., Tenorio, R., Cruz, D. L., Espinal, C., Juan, A., & Mollinedo, P. (2015). Saponins from chenopodium quinoa willd and chenopodium palladicaule aellen as biocontrollers phytopathogen fungi and hemolysis agents, 8–14.
- Hassan, S. M., Haq, A. U., Byrd, J. A., Berhow, M. A., Cartwright, A. L., & Bailey, C. A. (2010). Haemolytic and antimicrobial activities of saponin-rich extracts from guar meal. *Food Chemistry*, 119(2), 600–605. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.066>
- IBNORCA. (1996). *Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. Norma Boliviana NB 683, Cereales – Quinoa en grano – Determinación del contenido de saponinas – Método de la espuma.*
- IBNORCA. (2007). Norma Boliviana NB NA 0038 Granos andinos - pseudocereales- quinua en grano clasificación y requisitos. La Paz-Bolivia.
- IICA. (2015). El mercado y la producción de quinua en el Perú. Perú.
- INDECOPI. (2009). Norma tecnica peruana NTP 205.062 2009 Quinoa (Chenopodium quinoa Willd). Requisitos. Perú.
- INEN, N. 1671. (1991). Quinoa. Determinación del nivel de infestación y de las impurezas Norma INEN 1671., 1670.
- INEN, N. 1672. (2012). Quinoa. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina). Norma INEN 1672., 1672.
- INEN, N. 1673: (2013). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quinoa. Requisitos. Quito, Ecuador.
- Jäger, M. (2015). Taller “El cultivo de la quinua en Colombia y sus perspectivas futuras,” 1–55.
- Jancurová, M., Minarovičová, L., & Dandár, A. (2009). Quinoa – a Review, 27(2), 71–79.
- Jimenez P, Armada M, G. S. (2010). Caracterización química y estructural de semillas de quinua variedad CICA. In memoria Resúmenes III Congreso Mundial de Quinoa (CD). Oruro-Bolivia.
- Kaufmann Béatrice, P. C. (2002). Recent Extraction Techniques for Natural Products: Microwave-assisted Extraction and Pressurised Solvent Extraction, 13, 105–113. <https://doi.org/10.1002/pca.631>
- Koziol, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35–68. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)
- Kuljanabhagavad, T., & Wink, M. (2009). *Biological activities and chemistry of saponins from chenopodium quinoa Willd.*

- Lozano, M., Ticona, E., Carrasco, C., Flores, Y., & Almanza, G. (2012). Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real *Chenopodium quinoa* Willd. *Revista Boliviana de Química*, 29(2), 131–138.
- Mastebroek, H. D., Limburg, H., Gilles, T., & Marvin, H. J. P. (2000). Occurrence of sapogenins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(1), 152–156.
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural, & Colombia, U. N. de. (2005). Estudio de Preinversión Alianza Quinoa en Boyacá Estudio de Preinversión Alianza Quinoa en Boyacá.
- Ministerio de agricultura y riego. (2015). Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2005. Quinoa Peruana, 1–68.
- Mujica, A. (2012). extraccion de saponina de cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa*) para uso industrial.
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., & Romero, A. (2006). INFORME FINAL: Proyecto Quinoa: Cultivo multipropósito para los países andinos, 1–237.
- Muñoz, M. T. (2010). Monografía de la quinua y comparación con amaranto. *Asociacion Argentina de Fitomedicina*. Argentina.
- Navruz-varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>
- Nickel, J., Pio, L., Torma, F., Arocha, M., & Helbig, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains, 209, 139–143. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.031>
- Nieto, C., & Vimos, C. (1992). La quinua, cosecha y poscosecha Algunas experiencias en Ecuador.
- NTP 205.062. (2009). Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi). NTP 205.062. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Requisitos. 1ra. Edición 2009-06-24.
- Nuñez, C. (2008). En relacion a los tamices normalizados.
- Obando, Mauricio Escalera, Ramiro Quiroga, Carla Arteaga, L. (2013). Optimización del consumo específico de energía en el proceso de beneficiado en seco de variedades amargas de quinua, basado en la aplicación de un lecho fluidizado de tipo surtidor (LFTS), 8–12.
- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A., Rivera, M., Rodriguez, D., Lomas, L., & Monar, C. (2012). Manual agrícola de granos andinos: choco, quinua, amaranto y ataco, (69).
- Quiroga, C., Escalera, C., Arteaga, J., Montaña, J., & Nogales, C. (2011a). Beneficiado en seco de la quinua: Proyecto de prefactibilidad para el beneficio en caso de quinua

con un lecho tipo surtidor. *Cobija: Fundación PIEB. Cita MLA.*

- Quiroga, C., & Escalera, R. (2011). Evaluación de la calidad nutricional y morfológica del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho. *Revista Investigación & Desarrollo*, 1, 10.
- Quiroga, C., Escalera, R., Arteaga, J., Montaña, J., & Nogales, C. (2011b). *Beneficiado en seco de la quinua. Proyecto de prefactibilidad para el beneficiado en seco de quinua con un lecho tipo surtidor.* (M. Navia, Ed.). La Paz.
- Repo-Carrasco, C. E. y S.-J. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19, 179–189.
- Sañudo, B., & Betancourt, C. (2005). *Fundamentos de fitomejoramiento.* (Editorial Universitaria, Ed.). Pasto-Colombia.
- Tapia, M. E. F. A. (2007). *Guía de Campo de los Cultivos Andinos.* (R. Cadmo, Ed.). Lima- Perú.
- Tomás, G., Huamán, J., Aguirre, R., & Barrera, M. (2010). Extracción y clasificación de la saponina del *sapindus saponaria* L., "Boliche. *Revista Peruana de Química E Ingeniería Química*, 13, 36–39.
- Veas, E., Cortes, H., & Jara, P. (2016). Procesamiento y manejo de postcosecha del grano de quinua.
- Vega-galvez, A., Uribe, E., Vega-g, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Mart, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd .), an ancient Andean grain : A review Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd .), an ancient Andean grain : a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (June), 2541–2726. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>